

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

AA

(11)Publication number : 09-148548

(43)Date of publication of application : 06.06.1997

(51)Int.Cl.

H01L 27/14
G02B 6/13
G02B 6/122
H01L 27/15

(21)Application number : 07-305717

(71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 24.11.1995

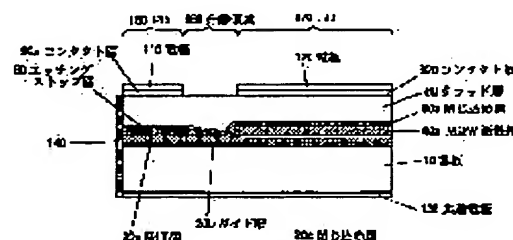
(72)Inventor : YAMADA MITSUSHI
KATO YUKIO

(54) WAVEGUIDE TYPE SEMICONDUCTOR INTEGRATED CIRCUIT AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an integrated circuit device of low cost which has both transmitting function and receiving function of an optical signal used in two-way optical communication.

SOLUTION: A photodiode region 150 and a light emitting region 170 are cascaded on the same surface of a substrate 10, and an isolation region 160 is formed between the regions. An MQW(multiple quantum well) active layer 40a is not formed in the photodiode region 150 and the isolation region 160. An absorption layer 20a of the photodiode region 150 and a guide layer 20b of an isolation region 160 are bulk layers. The light emitting region 170 consists of a lower side bulk light confinement layer 20c, the MQW active layer 40a and an upper side bulk light confinement layer 50a. The absorption layer 20a, the guide layer 20b and the lower side light confinement layer 20c in the light emitting layer 170 constitute a common bulk layer.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-148548

(43)公開日 平成9年(1997)6月6日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 27/14			H 0 1 L 27/14	Z
G 0 2 B 6/13		8832-4M	27/15	C
6/122			G 0 2 B 6/12	M
H 0 1 L 27/15				B

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平7-305717

(22)出願日 平成7年(1995)11月24日

(71)出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72)発明者 山田 光志

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

(72)発明者 加藤 幸雄

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

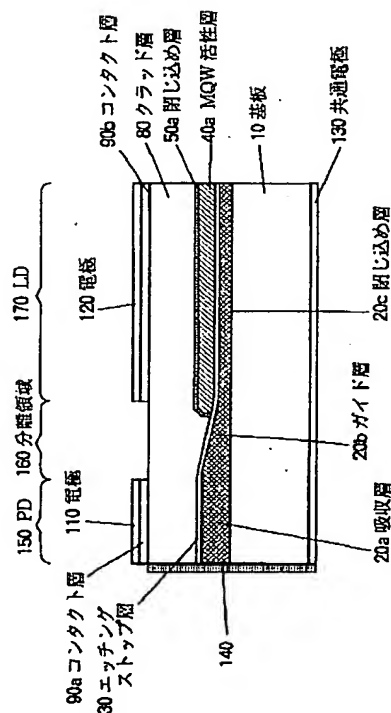
(74)代理人 弁理士 前田 実

(54)【発明の名称】 導波路型半導体集積回路とその製造方法

(57)【要約】

【課題】 双方向光通信に用いられる光信号の送信・受信機能を合わせ持った低価格の導波路型半導体集積回路を提供する。

【解決手段】 基板(10)には、フォトダイオード領域(150)、発光領域(170)が同一基板面上に縦続接続され、それらの間の分離領域(160)が形成されている。MQW活性層(40a)はフォトダイオード領域と分離領域には設けられていない。フォトダイオード領域(150)の吸収層(20a)と分離領域(160)のガイド層(20b)はともにバルク層である。発光領域(170)は下側バルク光閉じ込め層(20c)、MQW活性層(40a)、及び上側バルク光閉じ込め層50aによって構成されている。なお、これらの吸収層(20a)、ガイド層(20b)、及び発光領域(170)の下側光閉じ込め層(20c)とは、共通のバルク層を成している。



第1の実施の形態

【特許請求の範囲】

【請求項1】 受光部及び発光部を含む導波路型半導体集積回路において、

少なくとも下側にバルクの光閉じ込め層を持つ量子井戸層からなる前記発光部の光導波層領域と、

前記発光部の光導波層領域の下側光閉じ込め層と共通のバルク層として形成される前記発光部以外の光導波層領域とを備えたことを特徴とする導波路型半導体集積回路。

【請求項2】 前記共通のバルク層が各領域毎にその厚さ、あるいは組成を異にすることを特徴とする請求項1に記載の導波路型半導体集積回路。

【請求項3】 請求項1又は請求項2のいずれかに記載の構造を有する集積回路の製造方法において、前記各領域毎に選択的にマスクを形成して、前記共通のバルク層を結晶成長させたことを特徴とする導波路型半導体集積回路の製造方法。

【請求項4】 前記発光部となる量子井戸層を、前記バルク層の上に一回の結晶成長によって同時に形成し、前記発光部以外の領域に形成された量子井戸層を選択的にエッチング除去することを特徴とする請求項3に記載の導波路型半導体集積回路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、同一基板上に受光および発光機能を有する素子を集積化した導波路型半導体集積回路及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 現在、光ファイバ通信網が世界中に広がり、多くの基幹系の情報伝送は光通信によって行われている。今後、21世紀前半までに光ファイバが各家庭に延長され、画像情報などの大容量の情報を双方向でやりとり可能な家庭内端末を通して、ビデオ・オン・デマンドやテレビ・ショッピングなどを行なうという、いわゆるマルチメディア時代の到来が予測されている。

【0003】 マルチメディア時代における双方向光通信サービスでは、家庭内端末として用いられる光の送信・受信機能を合わせ持った端末装置は低価格であることが望まれる。そのために要求されるのは、光の受信および発光機能を有する低価格の半導体素子を提供することである。

【0004】 最近になって、光の受発光機能を持ち、かつ、光の出入射が1カ所の端面で行われる素子、及びその製造方法において、結晶成長回数が少ないという特徴を持った光デバイスの研究が行われている。下記の2つの文献に開示された技術は、その典型的なものである。

【0005】 文献1：須崎他「送受LDの受光感度における波長特性の改善」応用物理学会予稿集29p-2G-9, 1995年春

文献2：竹内他「選択MOVPEによる双方向WDM通

信用光集積素子【III】

～バンドギャップ成長制御による送受信素子」電子情報通信学会予稿集C-211, 1995年秋

先ず、文献1に開示された従来技術（以下、第1の従来例という）について説明する。

【0006】 図5は、第1の従来例である送受信素子を示す模式図である。チップ前側の機能領域では、チップの全体に形成されて活性層1となる多重量子井戸（MQW）層11の上に受光用のバルク吸収層2が設けられており、レーザダイオード（LD）を構成している。この例では、発光及び受光用の電極3は兼用されており、一つしか形成されていない。

【0007】 その製造工程を簡単に説明する。まずn-InPの半導体基板10上に、1回目の結晶成長として、SCH層12、MQW層11、SCH層13、InPのエッチングストップ層4、InGaAsPのバルク吸収層2を順次成長させる。つぎに、フォトリソグラフィにより、部分的にバルク吸収層2をエッチング除去する。つぎに、2回目の結晶成長として、p-InPのクラッド層5、p-InGaAsのコンタクト層6を順次成長させる。つぎに、メサストライプを形成した後に、その両脇をFe-InPの埋め込み層7で埋め込む。つぎに電極3を形成し、また、必要に応じて基板の裏面を研磨あるいはエッチングして下側電極8を形成する。最後に、しかるべき大きさにチップ化し、また、光導波路の端面に、反射防止膜を設けて、図5の素子が完成する。

【0008】 この製造プロセスでは、光導波路は一回の結晶成長によって形成され、結晶成長回数を少なくできる。したがって、製造工程での時間短縮、原料ガスの節約、及び歩留まりの向上によって、低価格な受発光導波路型半導体素子を提供しようとするものであり、後述する本発明は、この第1の従来例と目的を共有するものである。

【0009】 つぎに、上記文献2に開示された従来技術（以下、第2の従来例という）について説明する。図6は、第2の従来例である送受信素子を示す模式図である。この素子は、同一基板14上に半導体レーザ15、フォトダイオード16、方向性結合器17、および光導波路18を形成している。なお、レーザ領域の活性層、フォトダイオード領域の吸収層、Y分岐領域や光導波路領域のガイド層を総称して、以下では単に光導波層と略すことがある。そして、各領域の光導波層は一回の結晶成長で形成されるものである。

【0010】 その製造工程を簡単に説明する。まず半導体基板上に各素子領域に応じてそのマスク幅を変えて、導波路方向に一对の結晶成長防止用のマスクを形成する。つぎに、1回目の結晶成長として、多重量子井戸層、InPのクラッド層を順次成長させる。つぎに、フォトリソグラフィにより一对のマスクの端をエッチングする。つぎに、2回目の結晶成長として、p-InPのク

ラッド層、 p^+ InGaAsのコンタクト層を順次成長させる。つぎに、電極を形成し、また、基板の裏面を研磨あるいはエッチングしてその面の下側の電極を形成する。最後に、しかるべき大きさにチップ化し、また、光導波路の端面に反射防止膜19を設けて、図6の素子が完成する。ただし、コンタクト層は光導波路部分など必要のないところでは、除去されている。

【0011】この製造プロセスにおいても、各領域の光導波層は一回の結晶成長によって形成される。すなわち、同一基板上に多種類の素子領域をもつ回路装置を作成するには、従来から通常行われていたバットジョイント (Butt joint: 突き合せ接合) 法による場合よりも、結晶成長回数を少なくすることができる。したがって、各製造工程での時間短縮、原料ガスの節約、及び歩留まりの向上によって、低価格な受発光導波路型半導体素子を提供しようとする第2の従来例の製造プロセスは、後述する本発明と同様の目的をもつものである。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記第1、第2の従来例の導波路型半導体集積回路やその製造方法においては、以下に述べるような問題点があった。

【0013】まず、第1の従来例では、発光機能領域への電流の注入と受光機能領域からのフォトカレントの取り出しとは、同じ一つの電極により行なわれている。一般に、電流を注入して発光素子として機能させる場合には、高周波のインピーダンス・マッチングをとるために、直列に終端抵抗を入れる必要がある。また、逆バイアス電圧を印加してフォトダイオードとして機能させる場合にも、やはり高周波のインピーダンスマッチングをとるために、並列に終端抵抗が使用される。したがって、第1の問題として、導波路型半導体集積回路をそれぞれの用途に使用するためには、終端抵抗を直列と並列との間で切り替えるような選択手段が必要となる。

【0014】また、従来の導波路型半導体集積回路では受光機能領域の光吸収層がバルク吸収層とMQW層の二重構造になっているので、そこに印加される電界強度、即ち印加電圧をトータルの非ドーピング (non-dope) 層の厚さで割った値が、MQW層の厚さ分だけ小さくなる。したがって、第2の問題として、光吸収によって生じるフォトキャリアの掃き出しに要する印加電圧が大きくなる。

【0015】同様に、受光機能領域にMQW層が存在することから、その井戸領域にキャリアがトラップされ、キャリアの掃き出し時間が長くなるという第3の問題も生じる。

【0016】第2の従来例の導波路型半導体集積回路の製造方法では、光導波層にMQW構造を採用している。この方法では、一対のマスクの幅を変えることによって井戸層の幅を制御し、各領域の光導波層のバンドギャップ波長を所望の波長に制御している。したがって、全領

域の光導波層はやはりMQW構造であり、偏波に対する伝送特性の差が大きい。しかも、光ファイバ内を伝搬した光は、その偏波状態がランダムに変化する。このため、この導波路型半導体集積回路まで到達した情報(以下、光信号と略す)を、光導波路、方向性結合器を介して、フォトダイオードによって電気信号に変換した場合、MQW構造を持つフォトダイオードの吸収の偏波依存性を反映して、変換された電気信号の電流の大きさが不規則に変化する。したがって、第4の問題として、光信号の符号誤りが生じる。

【0017】この発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、第1の目的は、特に、双方向光通信に用いられる光信号の送信・受信機能を合わせ持った低価格の導波路型半導体集積回路を提供することである。

【0018】また、この発明の第2の目的は、発光領域の活性層をMQW構造とし、且つ受光領域やそれらの間の分離領域における光導波層をバルク層のみで構成できる低価格の導波路型半導体集積回路の製造方法を提供することである。

【0019】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る発明は、受光部及び発光部を含む導波路型半導体集積回路において、少なくとも下側にバルクの光閉じ込め層を持つ量子井戸層からなる前記発光部の光導波層領域と、前記発光部の光導波層領域の下側光閉じ込め層と共通のバルク層として形成されている前記発光部以外の光導波層領域とを備えている。

【0020】請求項2に係る導波路型半導体集積回路は、請求項1において、前記共通のバルク層が各領域毎にその厚さ、あるいは組成を異にすることを特徴とする。

【0021】請求項3に係る発明は、請求項1又は請求項2のいずれかに記載の構造を有する集積回路の製造方法において、前記各領域毎に選択的にマスクを形成して、前記共通のバルク層を結晶成長させたことを特徴とする。

【0022】請求項4に係る導波路型半導体集積回路の製造方法は、請求項3に記載の製造方法において、前記発光部となる量子井戸層を、前記バルク層の上に一回の結晶成長によって同時に形成し、前記発光部以外の領域にも形成されている量子井戸層を選択的にエッチング除去することを特徴とする。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、添付した図面を参照して、この発明の実施の形態を説明する。

【0024】実施の形態1

図1は、本発明の第1の実施の形態である導波路型半導体集積回路の層構造を示す図である。n-InPの半導体基板10には、フォトダイオード領域(PD)150、

発光領域(LD)170が同一基板面上に縦続接続され、それらの間の分離領域160が形成され、それぞれの領域150、160及び170の長さは、順に50 μ m、30 μ m及び400 μ mとされる。MQW活性層40aは発光領域170のみに設けられ、フォトダイオード領域と分離領域には設けられていない。フォトダイオード領域150の吸収層20aは組成波長1.28 μ m、厚さ0.25 μ mのInGaAsP層、分離領域160のガイド層20bは組成波長1.28 μ m、厚さ0.25 μ mのInGaAsP層であって、ともにバルク層である。そして、発光領域170はInGaAsPの下側バルク光閉じ込め層(組成波長1.24 μ m、厚さ0.14 μ m)20c、InGaAsPのMQW活性層(組成波長1.35 μ m、層数5)40a、及びInGaAsPの上側バルク光閉じ込め層(組成波長1.15 μ m、厚さ0.1 μ m)50aによって構成されている。なお、これらの吸収層20a、ガイド層20b、及び発光領域170の下側光閉じ込め層20cとは、共通のバルク層を成している。

【0025】発光領域170のMQW活性層40aと下側光閉じ込め層20cとの間には、InPのエッチングストップ層30がある。そして、光導波層20a、20b、20cの上部には、p-InPのクラッド層80及びp-InGaAsのコンタクト層90a、90bが順次形成されている。また、ここには図示しないが、光導波層20a、20b、20cの、紙面に対して垂直な方向(以下、横方向という)の両側には、光信号と電流の閉じ込めを行う層(以下、ブロック層と略す)が形成されている。さらに、フォトダイオード領域150と発光領域170には、それぞれ電流の注入や電界の印加を行うための電極110、120が形成されており、また、基板10の下側には、共通電極130が形成されている。そして、フォトダイオード領域150側の端面には、反射防止膜140が形成されている。

【0026】つぎに、上記構成の導波路型半導体集積回路の動作について説明する。

【0027】まず、光信号の受信に用いる場合を考える。光ファイバにより伝送された光信号がフォトダイオード領域150側の端面に入射すると、その光信号はフォトダイオード領域の吸収層20aに吸収される。このとき、吸収層20aに数Vの逆バイアス電圧を印加させた状態にしておくと、電界吸収効果によって吸収層のバンドギャップ波長(組成波長)よりも長い波長の光も吸収される。さらに、ここに電界がかかっているため、光吸収によって生じたキャリアが効率的に掃き出される。一般に、吸収層のバンドギャップ波長よりも短い波長の入射光に対しては、光の吸収係数は1000[cm⁻¹]以上となる。したがって、吸収層が光を99%以上吸収するならば、十分吸収するには50[μ m]程度の長さがあればよい。また、バンドギャップ波長よりも長い波長の入射光に対しても、その差がおおよそ100[nm]以下であれば、逆

バイアス電圧を数V印加させることによって吸収層での光の吸収係数が1000[cm⁻¹]程度になるために、同様に、50[μ m]程度の長さで十分な光の吸収を実現でき、確実に電気信号に変換される。

【0028】つぎに、光信号の送信に用いる場合を考える。発光領域170に電流を注入すると、誘導放出作用により活性層40aのバンドギャップ波長近傍かそれよりも短い波長で発光が生じる。このとき、電流注入による誘導放出利得がフォトダイオード側端面と発光部側端面での透過損失と素子内部での吸収や散乱による光損失の和よりも大きくなると、レーザ発振が生じる。この実施の形態1では、活性層40aのバンドギャップ波長が下側光閉じ込め層20cのバンドギャップ波長より100[nm]以上長い場合、発光部での過剰な吸収損失はない。また、活性層40aと吸収層20aとのバンドギャップ波長の差、あるいは活性層40aとガイド層20bとのバンドギャップ波長の差はいずれも100[nm]以下であるが、吸収層20aおよびガイド層20bの長さは50~30 μ mと極めて短いので、フォトダイオード領域150に電圧を印加しないか、あるいは順方向バイアスを印加しておけば、発光部で生じる誘導放出光はほとんど吸収されずに、光信号として出力される。

【0029】第1の実施の形態では、第1の従来例と比較した場合に、以下の効果a、bを有する。

【0030】a. フォトダイオード領域150と発光領域170とを別々の領域として形成しているため、高周波インピーダンス・マッチング用の終端抵抗を、それぞれの領域に応じて並列あるいは直列に実装できる。

【0031】b. 光吸収層はバルク層のみであるから、印加した電圧が吸収層のみに印加され、したがって、光吸収によって生じるフォトキャリアの掃き出しに要する電圧を小さくすることができる。また、光吸収によって生じるフォトキャリアはトラップされることなく掃き出される。

【0032】実施の形態2

つぎに、図2に基づいて、第1の実施の形態で説明した導波路型半導体集積回路の製造方法の一例を説明する。

【0033】まず、n-InPの半導体基板10上で、幅20 μ mのフォトダイオード領域の吸収層を成長させるべき箇所(以下、吸収層成長領域200という)の両脇に、幅40 μ mの第1のSiO₂マスク210を形成する(図2(a))。この吸収層成長領域200の幅によって光導波路の幅が決定され、通常は3~30 μ m程度に決定される。

【0034】つぎに、1回目の結晶成長として、有機金属気相成長法(以下、MOVPEと略す)で基板10上面の露出部分全体に、InGaAsPバルク層20、InP層30、InGaAsP/InGaAsのMQW活性層40、及びInGaAsPバルク層50を順つぎに形成する(図2(b))。

【0035】つぎに、発光領域とすべき箇所に第2のSiO₂マスク220を形成する。そして、この第2のマスク220によってマスクされていない領域を、選択エッチャントを用いてエッチングストップ層30までエッチングする(図2(c))。

【0036】つぎに、第1のマスク210、第2のマスク220とともに除去した後に、ストライプ状の第3のSiO₂マスク230を形成する。その後、ドライエッチングやウエットエッチングによって、第3のマスク230でマスクされていない箇所をエッチングして、メサストライプを形成する(図2(d))。

【0037】つぎに、2回目の結晶成長として、ブロック層となる半絶縁性のInP層60とn-InP層70をメサストライプの両脇に埋め込む。さらに、第3のマスク230を除去してから、3回目の結晶成長として全面にp-InPのクラッド層80及びp-InGaAsのコンタクト層90を再成長させる(図2(e))。

【0038】最後に、発光領域とフォトダイオード領域の電氣的絶縁を完全なものとするために、p-InGaAsのコンタクト層90を部分的にエッチングして、それぞれの領域に電極110、120を形成する。また、劈開によるチップ化ができる程度の厚さとなるまで基板裏側をエッチングあるいは研磨によって除去し、その裏面の全領域に共通電極130を形成する。その後、しかるべき寸法にチップ化し、フォトダイオード領域には反射防止膜140を形成して、導波路型半導体集積回路が完成する(図2(f))。

【0039】このように製造された半導体装置では、1回目の結晶成長におけるInGaAsPバルク層20のうち、第1のSiO₂マスク210がない発光領域及び分離領域の光導波層は、第1のSiO₂マスク210によって形成されたフォトダイオード領域の光導波層とはその厚さや組成が異なっている。

【0040】図3は、光導波層の成長する厚さ(成長厚)とその組成波長について説明する図である。ここで、横軸にはSiO₂マスク幅W_m、左側および右側の縦軸にはそれぞれ、SiO₂マスクに挟まれた領域での成長厚をマスクのない領域での成長厚で割った値(正規化厚さ)、SiO₂マスクに挟まれた領域のバンドギャップエネルギーからSiO₂マスクのない領域のバンドギャップエネルギーを差し引いた値(エネルギー差ΔE [meV])を示している。ただし、この測定に際してはSiO₂マスク210に挟まれた吸収層成長領域200の幅を20μmに固定した状態で、MOVPE法を用いてInGaAsPを結晶成長した。なお、SiO₂マスクのない領域のバンドギャップ波長は、約1.3μmであった。

【0041】図3から分かるように、SiO₂マスクに挟まれた領域では、SiO₂マスク幅W_mを大きくすると、成長厚は大きくなり、またバンドギャップエネルギーは小さくなる事が分かる。これは、SiO₂マスク

上で主にInやGaの拡散(III族原子のマイグレーション)の影響によるものである。したがって、この実施形態のようにSiO₂マスク幅W_mを40μmに設定した場合には、マスクに挟まれたフォトダイオード領域150や分離領域160における光導波層に比べて、発光領域170における下側光閉じ込め層20cの厚さを58%程度に薄く形成することができる。また、発光領域170における下側光閉じ込め層20cのバンドギャップエネルギーは、フォトダイオード領域150や分離領域160における光導波層のバンドギャップエネルギーより約30meV大きくなる。

【0042】第2の実施の形態の製造方法によれば、以下の効果cを実現できる。

【0043】c. 選択領域成長と選択的な活性層のエッチングを組み合わせた方法によって、第1の実施の形態について指摘した効果a、bを実現することができる。しかも、フォトダイオード領域150や分離領域160の光導波層をバルク層とし、活性層にMQW構造を採用しつつ、それぞれを独立に設計できる。

【0044】すなわち、発光領域170の活性層の下の下側光閉じ込め層20cはフォトダイオード領域150や分離領域160の光導波層と共通の層として形成されているが、選択領域成長によって発光領域における光閉じ込め層に適する薄さに制御して、下側光閉じ込め層を成長させることができる。したがって、その層の上に成長される活性層は、各領域で共通に形成されたバルク層とは別の層となるため、独立した設計値を選択することが可能になる。これに対し、第1の従来例では、仮にバルク吸収層のある部分とない部分とを電氣的に分離して、従来技術の第2の問題を解決しえたとしても、なお、バルク層の厚さを厚くし過ぎると、閾値近傍で過飽和吸収特性が顕著になってくるし、また、薄くし過ぎるとその層を設けた効果が無くなってしまいうという問題が残る。

【0045】実施の形態3

図4は、本発明の第3の実施の形態である導波路型半導体集積回路の層構造を示す図である。n-InPの半導体基板510には、光信号の入出射端面近傍を含めたY分岐領域650と、分岐導波路の一方側のフォトダイオード領域(PD)660及びその他方側の発光領域(LD)670が、それらの領域を接続するとともに、電氣的分離を行う分離領域680を介して、同一基板上に構成されている。

【0046】同図(b)乃至(e)には、同図(a)の各断面B~Eを示している。フォトダイオード領域660のInGaAsPの吸収層520aとY分岐領域650および分離領域680のInGaAsPガイド層520bは、ともにバルク層である。発光領域670では、基板上にグレーティング加工が施され、その上に、InGaAsPの下側バルク光閉じ込め層520c、InGaAsPの

MQW活性層540a、及びInGaAsPの上側バルク光閉じ込め層550aが順次形成されている。さらに、それら吸収層520aおよびガイド層520bと、発光領域670の下側光閉じ込め層520cは、共通のバルク層を成している。

【0047】発光領域670のMQW活性層540aと下側光閉じ込め層520cとの間には、InPのエッチングストップ層530がある。そして、光導波層の上部には、p-InPのクラッド層580およびp-InGaAsのコンタクト層590が順次形成されている。また、第1の実施形態と同様に、光導波層の横方向位置にはブロック層560、570が形成されている。フォトダイオード領域660と発光領域670には、電流の注入や電界の印加を行うための電極610、620が形成されており、また、基板510の下側には、共通電極630が形成されている。そして、Y分岐領域650側の端面には、反射防止膜640が形成されている。

【0048】つぎに、上記構成の導波路型半導体集積回路の動作について説明する。

【0049】まず、光信号の受信に用いる場合を考える。光ファイバを伝送してきた光信号がY分岐領域650側の端面より入射した場合に、その光信号はY分岐領域650によって半分のパワーがフォトダイオード領域660にガイドされ、その吸収層520aで吸収される。このとき、吸収層520aに数Vの逆バイアス電圧を印加させた状態にしておくと、電界吸収効果によって吸収層のバンドギャップ波長よりも長い波長の光も吸収される。さらに、電界がかかっているため、光吸収によって生じたキャリアが効率的に掃き出される。これらの動作は実施の形態1の装置の場合と同様である。

【0050】つぎに、光信号の送信に用いる場合を考える。発光領域670に電流を注入すると、誘導放出作用により活性層540aのバンドギャップ波長近傍かそれよりも短い波長で発光が生じる。ここでは、基板上のグレーティング加工により光の帰還作用がおこり、ある電流を越えるとレーザ発振するDFB（分布帰還型）レーザ構造をなしている。また、実施の形態1での動作の説明と同様に、活性層540aと下側光閉じ込め層520cとのバンドギャップ波長の差が100[nm] (0.1μm)以上であるために、発光部での過剰な吸収損失はない。発振した光信号は、分離領域680とY分岐領域650を導波して、端面より外部に取り出される。

【0051】第3の実施の形態によれば、以下の効果d、eを実現できる。

【0052】d. 第2の従来例と比較した場合に、光信号の入出射する端面からフォトダイオード領域660までの経路上での光導波層には、MQW層が存在せず、バルク層のみで形成されているので、光信号の受信動作に要求される偏波無依存性を実現できる。また、実施の形態1の効果a、bも同時に達成される。

【0053】なお、この実施の形態3で示した回路の製造方法については、実施の形態2で示した製造方法の類推から容易に理解されるので、詳細は省略するが、特に重要なことは、次の点である。

【0054】e. 活性層にMQW構造を採用しつつ、フォトダイオード領域660や分離領域680の光導波層にバルク層を採用することができ、且つそれぞれ独立に設計できる。独立設計の程度については、第1の従来例に対してよりも第2の従来例のものに適用したほうが、より大きな効果を有する。

【0055】なお、第1、第2、第3の実施形態の説明では、この発明の実施が可能な程度に簡略的に示してある。したがって、この発明は以上の説明の中で指摘する具体的な数値、材料に限定されないし、また、横方向の埋め込み構造のものに限定されるものではない。導波路型半導体集積回路の光素子構造として、たとえば光導波層のストライプにハイメサリッジ型の導波構造を採用すれば、結晶成長の回数をさらに減らすこともできる。また、InPの半導体基板を用いずに、たとえばGaAs基板など、他の半導体結晶基板を用いる場合についても、同様の効果を得ることが可能である。

【0056】すなわち、本発明は、少なくとも、複数の光導波層を一度に成長する工程により形成可能な素子であって、光導波層の厚さあるいは組成が導波路方向により異なっており、全領域に共通するものを含む素子であれば、いずれの種類のものにも適用可能である。

【0057】また、第1の実施の形態のものでは、発光領域内あるいはその外部（特に分離領域側）などにグレーティング構造を設けていない。すなわち、発光部がLEDあるいはFP（Fabry-Perot）レーザとして機能する素子について説明した。しかし、発光部にグレーティング構造を形成して、DFB（分布帰還型）レーザやDBR（分布反射型）レーザとして動作させてもよいことは当然である。

【0058】同様に、第3の実施の形態についても、発光領域の外部、特に分離領域側などにグレーティング構造を設けてDBRレーザ構造としてもよく、またグレーティング構造を設けないLEDあるいはFP型の共振モードのレーザとして動作させてもよい。

【0059】また、第2の実施の形態の製造方法では、第2のSiO₂マスクを形成し、マスクされていない領域を選択エッチャントを用いてエッチングストップ層までエッチングするとしているが、エッチングストップ層のエッチングについては、エッチング除去してもよいし、そのまま残してもよい。

【0060】

【発明の効果】この発明は、以上に説明したように構成されているので、双方向光通信に用いられる光信号の送信・受信機能を合わせ持った低価格の優れた導波路型半導体集積回路を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施の形態である導波路型半導体集積回路の層構造を示す図である。

【図 2】 本発明の導波路型半導体集積回路の製造方法の一例を示す工程説明図である。

【図 3】 光導波層の成長厚とその組成波長について説明する図である。

【図 4】 本発明の第 3 の実施の形態である導波路型半導体集積回路の層構造を示す図である。

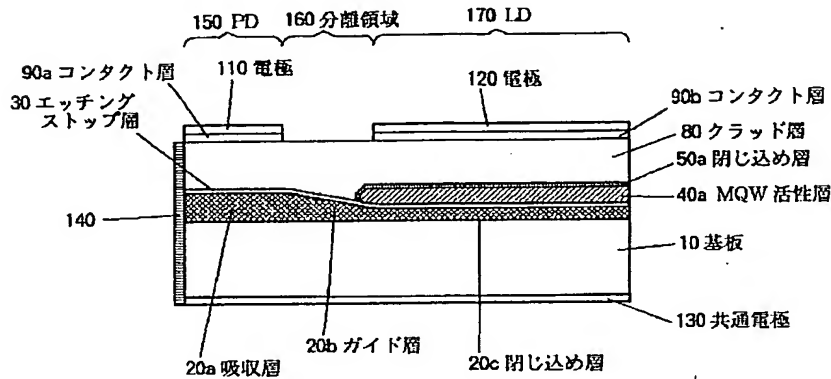
【図 5】 従来技術に係る送受信素子の一例を示す模式図である。

【図 6】 従来技術に係る送受信素子の他の例を示す模式図である。

【符号の説明】

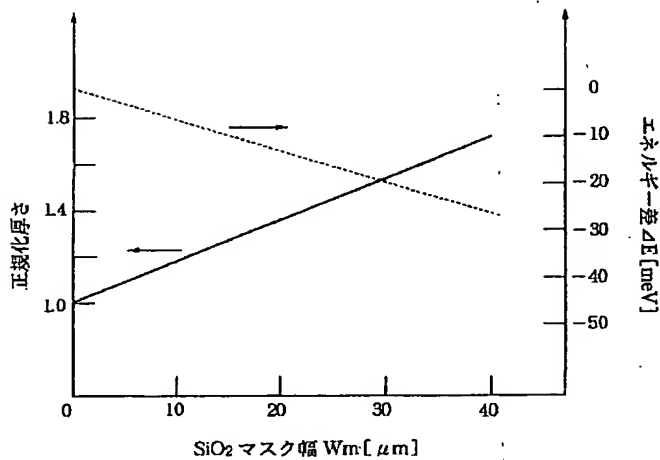
10 基板、20 光導波層、30 エッチングストップ層、40a 活性層、50a 閉じ込め層、150 フォトダイオード領域、160 分離領域、170 発光領域。

【図 1】



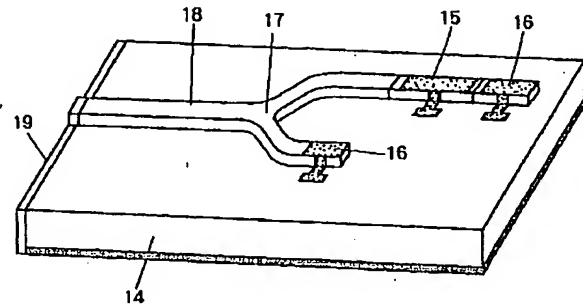
第 1 の実施の形態

【図 3】



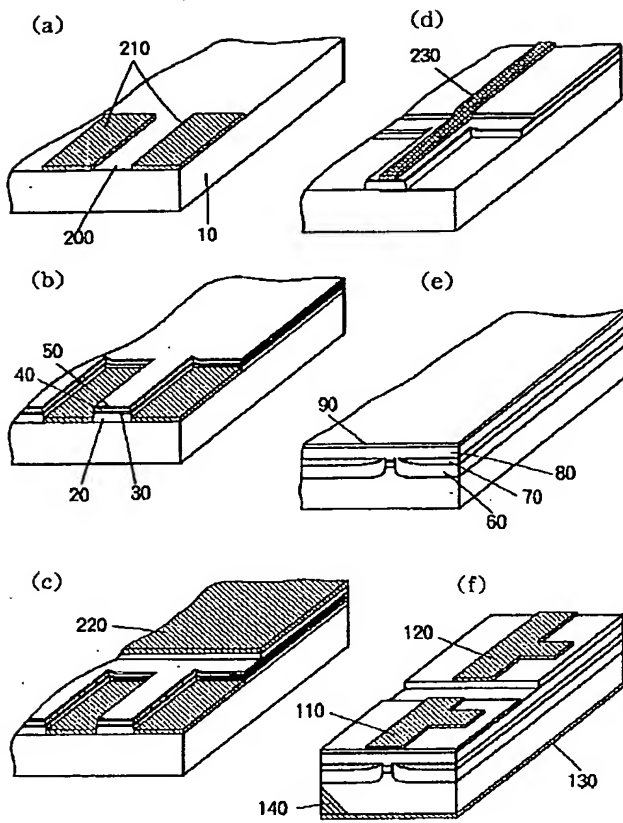
第 1 光導波層の厚さと組成波長を説明する図

【図 6】



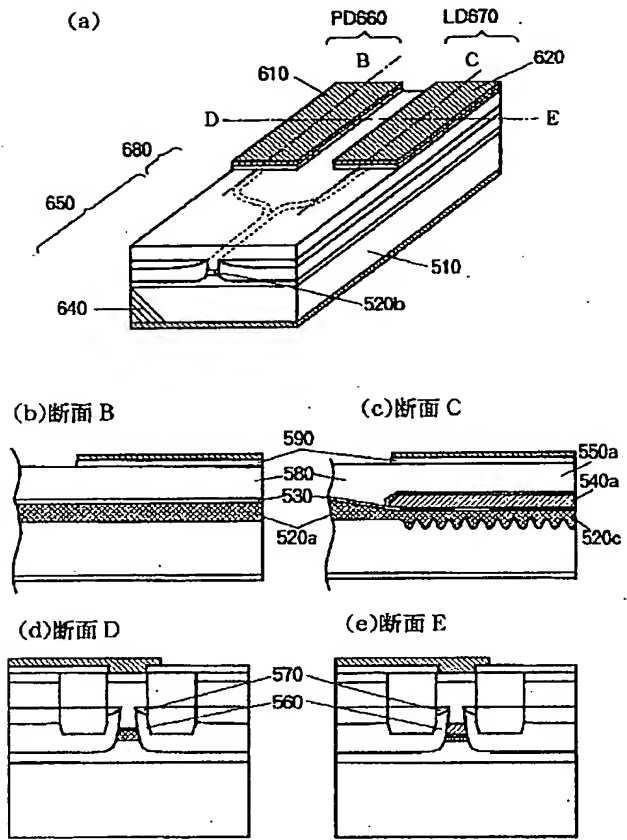
第 2 の従来例

【図 2】



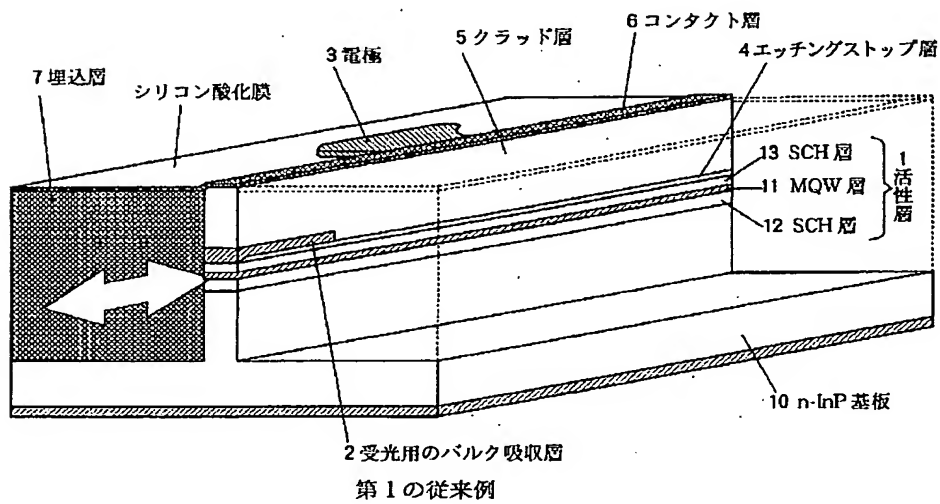
第 2 の実施の形態

【図 4】



第 3 の実施の形態

【図 5】



第 1 の従来例